

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 01-299413

(43)Date of publication of application : 04.12.1989

(51)Int.Cl.

G01C 19/64

(21)Application number : 63-128501

(71)Applicant : HITACHI CABLE LTD

(22)Date of filing : 27.05.1988

(72)Inventor : KUMAGAI TATSUYA

KAJIOKA HIROSHI

MOTOHASHI YOSHIMI

SHIINA NORIBUMI

TAKUMA TAKEYOSHI

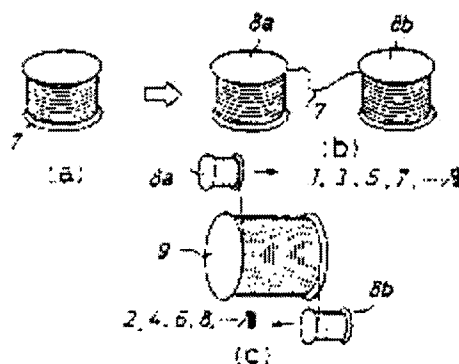
## (54) SENSOR FOR ANGULAR VELOCITY OF ROTATION

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To obtain a sensor for an angular velocity of rotation which causes little noise in relation to a change in temperature and is stable, by a method wherein a sensing loop formed of an optical fiber is wound on bobbins by prescribed lengths from the center of the loop alternately so as to form symmetrical coils.

**CONSTITUTION:** An optical fiber 7 to be manufactured is wound on bobbins 8a and 8b for rewind by the same length from the opposite end sides thereof to be divided in two. Beginning with the center of this optical fiber 7, the bobbin 8a side thereof is wound in one layer on a bobbin 9 for a sensing coil, and next the bobbin 8b side thereof is wound thereon in one layer as a second layer.

This winding is repeated alternately and thereby a symmetrically-coiled sensing loop is obtained. By forming the loop in symmetrical coils in this way, a part of a change in temperature is made to exist symmetrically on the opposite sides of the center of the loop even when the change in temperature is given partially. Accordingly, the optical path lengths of a left-turn light and a right-turn light become the same, the lights undergo the same history, and thus noise is prevented from occurring.



⑩ 日本国特許庁(J P)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平1-299413

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成1年(1989)12月4日

G 01 C 19/64

A-7409-2F

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全5頁)

⑮ 発明の名称 回転角速度センサ

⑯ 特 願 昭63-128501

⑰ 出 願 昭63(1988)5月27日

⑱ 発 明 者 熊 谷 達 也 茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立電線株式会社電線研究所内

⑲ 発 明 者 梶 岡 博 茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立電線株式会社電線研究所内

⑳ 発 明 者 本 橋 義 美 茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立電線株式会社電線研究所内

㉑ 発 明 者 椎 名 則 文 茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立電線株式会社電線研究所内

㉒ 出 願 人 日立電線株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

㉓ 代 理 人 弁理士 絹谷 信雄

最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

回転角速度センサ

2. 特許請求の範囲

1. 光ファイバから成るセンシンググループをそのループの中央から一定の長さ分だけ交互にボビンに巻いて対称巻きとし、このセンシンググループの両端に分岐・結合光学系を構成し、該グループに互いに反対方向に光を伝搬させ、これらの位相差から回転角速度を算出することを特徴とする回転角速度センサ。

2. 上記対称巻きする一定の長さをボビンの半層までは一層巻分に相当するようにした請求項1記載の回転角速度センサ。

3. 位相変調方式の回転角速度センサにおいて、センシングコイル上に巻かれた光ファイバ偏光子を光カプラと融着接続した後、その接続部までセンシングコイルに巻いてセンシングコイル全体をシリコン等の樹脂で覆ったことを特徴とする回転角速度センサ。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は回転角速度センサ、特にそのセンシンググループないしセンシングコイルの構造に関するものである。

〔従来の技術〕

回転角速度センサは、サグナック効果を用いて、回転角速度を検出するものであり、基本的には、第5図に示すように、光源1、偏光子3、位相変調器4、センシングコイル5、ディテクタ6を各1台、光カプラ2を2台使用して構成される。この場合、センシングコイルは下一層目から順次巻かれて構成される。

第7図に他の構成例を示す。この回転角速度センサも、光源21、光カプラ23、光ファイバ偏光子24、光カプラ30、センシングコイル25、位相変調器26、受光器27よりなる。光源21よりの出射光は、光カプラ23、光ファイバ偏光子24を通り、光カプラ30により左回り光、右回り光に分岐され、センシングコイル25

に入射される。センシングコイル25を通った左回り光、右回り光は、光カプラ30で合成され、その干渉光は再び光ファイバ偏光子24、光カプラ23を通り、受光部27で検出される。これらの光部品は融着接続され、その後続部22a、22b、22c、22d、22eには、複雑のため鋼線入り熱収縮チューブを施している。

〔発明が解決しようとする課題〕

と記交型型回転角速度は、左右両回り光の干渉による光強度変化から回転角速度を検出する。このため、センシングコイルに結合又はセンシングコイルから出射する光は同一偏波でなければならない。更に、左右両回り光は同一の光路長を伝搬しなければならないという制約を受ける。

前者の制約は、同一偏波でない場合には、回転角速度センサ出力の零点ドリフト又はノイズとなって現れることから生ずるものである。この点に関しては、直交偏波モードに減衰量の差がある複屈折(A S P)ファイバ、例えば偏波面保存光ファイ

バ(S P F)を、偏光子とセンシングコイルに使用することで、解決できる。

他方、後者の同一の光路長を伝搬しなければならないという制約に関しては特に対策がなされておらず、従来、センシングコイルは下一層目から順次巻かれていた。しかし、この巻き方では、センシングコイルに屈率変化が加わった場合、光ファイバの伸び縮みのためにノイズが大きくなるという問題がある。

第5図にその様子を示す。巻き方が温度変化点に対して対称でないため、右回り光の到達時刻に差が生じ、左回り光は高温(伸び)、右回り光は低温(縮み)の履歴を受ける。第5図では、右回り光がその到達時刻 $t_2$ で25℃の履歴を受け、左回り光がその到達時刻 $t_1$ で25℃の履歴を受ける場合を示している。両光は、光カプラで合成されるが、異なる光路長を経ているため、干渉による光強度が変化しノイズとなる。従って、従来はセンシングコイルを恒温度に入れるなどの対策をとっていた。

一方、回転角速度センサには、軽量化、小型化が要求されている。しかし、第7図の従来技術では、接続部22a~22eの全部に熱収縮チューブを施している。このチューブのサイズは約 $\phi 0.8$ と長いものである。従って、回転角速度センサのシステム全体を小型化、軽量化することに困難があった。

最も重要な問題は、光ファイバ偏光子24の収納方法である。従来、偏光子24はセンシングコイル25上に巻き、その両端末部を約50cm出して光カプラ23、30と接続し、熱収縮チューブ22b、22cにより補強している。

光ファイバ偏光子24は、その偏波面保存光ファイバS P Fの構造パラメータをある条件に設定することで、S P Fの固有偏光モードの曲げ損失特性に差をさせたもので、清円の短軸方向に偏波したモード(Y偏波)は高損失、長軸方向に偏波したモード(X偏波)は低損失となる。しかし、現状の光ファイバ偏光子では、未だX偏波の曲げ損失特性が通常のS P Fの曲げ損失特性と同

等になっていない(曲げに弱い)ために、組込み実装の際に小さな曲がり等で損失増となることが多かった。そのため光学系を小さな空間に密に収納することができないという問題があった。

本発明の目的は、前記した従来技術の欠点を解消し、温度変化に対してノイズの少ない回転角速度センサを提供することにある。

本発明の他の目的は、熱収縮チューブを用いた接続補強部の数を減らし、また光ファイバ偏光子が実装の際に小さな曲がり等で損失増とならない小型、軽量の回転角速度センサを提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

本発明の回転角速度センサは、光ファイバから成るセンシングループをそのループの中央から一定の長さ分だけ交互にボビンに巻いて対称巻きとし、このセンシングループの両端に分岐・結合光学系を構成し、該ループに互いに反対方向に光を伝搬させ、これらの位相差から回転角速度を検出する構成としたものである。この対称巻きする一

定の長さは、ポビンの半層または一層巻分に相当するようにすることが好ましい。

他の形態としては、位相変調方式の回転角速度センサにおいて、センシングコイル上に巻かれた光ファイバ偏光子を光カプラと融着接続した後、その接続部までセンシングコイルに巻いてセンシングコイル全体をシリコン等の樹脂で覆った構成とする。

#### 〔作用〕

センシンググループは、そのループの中央から一定の長さ分だけ交差に巻いて対称巻きとしてあるため、センシンググループに部分的に温度変化が加わった場合でも、その温度変化部分はループの中央から対称的に存在することになる。このため左回り光と右回り光の光路長が同じになり、同じ屈折率を受けるため、温度変化に起因するノイズを生じなくなる。

一方、光カプラと光ファイバ偏光子との接続部までセンシングコイルに巻き、コイル全体をシリコン等の樹脂で覆う構成とすると、光ファイバ

偏光子のリード部（端部）が外部に出なくなる。従って、実装の際、光ファイバ偏光子の端部が曲げ等を受けて損失増を招くという事態が生じなくなる。また、接続部に補強用の銅線入り熱収縮チューブを用いないため、全体が小型、軽量化する。

#### 〔実施例〕

以下、図示の実施例について述べる。

第1図に回転角速度センサのセンシンググループを対称巻きする方法の一実施例を示す。

先ず、製造された光ファイバ7（第1図(a)）を、その両端側から巻着用ポビン8a、8bに同じ長さで巻き取り、2つに分ける（第1図(b)）。

次に、センシングコイル用ポビン9に、この光ファイバ7の中央から、巻着用ポビン8a側を一回巻付け、次に、第2層目として巻着用ポビン8b側を一回巻付け、これを交互に繰返して第3層目以降を巻き、対称巻きセンシンググループを得る（第1図(c)）。

本方法を用いてセンシンググループを製作し、そ

の特性を測定した。第2図はその測定系の構成示すもので、1は光源、2は光カプラ、3は偏光子、4は位相変調器、5はセンシングコイル、6はディテクタ、10はロックインアンプ、11はレコーダ、12はシンセサイザである。位相変調方式の回転角速度センサとしての構成であり、シンセサイザ12で位相変調器を駆動し、ロックインアンプで出力信号を抽出した。

第3図に、本光学系をターンテーブルに寄せ、 $0.01^\circ/\text{s}$ で1時間左右に回転させた時の出力例を示す。第5図から分るように、恒流機を使用しなくとも、零点変動及びノイズが少ない特性が得られる。

第4図は、センシンググループにドライヤーで温度変化（約 $50^\circ\text{C}$ ）を加えた時の零点変動及びノイズ特性を示した。図中、①②は温度変化（約 $50^\circ\text{C}$ ）を加えた時点を示しており、この2回の温度変化に対して、安定な特性が得られている。

尚、上記構成のセンシンググループは、干渉型回転角速度センサのみならず、リング共振型回転角

速度センサにも有効である。

次に、第7図の形態において、小径軽質な回転角速度センサを得る手段について述べる。

センシングコイル25上に巻かれた光ファイバ偏光子24の端部を、約20cmに切る。同様に光カプラ23の接続すべき端部を、約30cmに切る。この偏光子24の片方の端部と光カプラ23の接続すべき端部とを、両者の固有偏光軸を合せて融着接続した後、偏光子24の端部を全てセンシングコイル25に巻込む。その際、接続部22bも巻込む。偏光子24のもう片方の端部と光カプラ30との接続部22cについても、同様に処理する。

上記処理を行なった後、接続部22b、22cの信頼性向上のため、センシングコイル25全体をシリコン等の樹脂で覆う。

このように接続部22b、22cに銅線入り熱収縮チューブを使わず、接続部22b、22cも含めて、偏光子24の端部をセンシングコイル25に巻込むことにより、実装の際、曲り等が顕

わる部分は通常の単一偏極光ファイバSPFの部分までとなり、光ファイバ偏光子24には曲がり等が加わらなくなる。

実験に試作した結果、回転角速度センサの光学系全体を小さな空間に密に納めることができ、従来の問題点が解決できた。

尚、その他の模倣部22d、22eについても、銅線入り熱収縮チューブを使わず、上記実施例と同様にセンシングコイル部に巻くこともできる。

#### 【発明の効果】

本発明の回転角速度センサは、センシンググループを対称巻きにしたため、温度変化に対して、安定な回転角速度センサ出力が得られる。従って、センシンググループの温度を一定に保つための恒温槽も不要になる。

また、光ファイバ偏光子のリード部（端末）が出ないため、実装の際、曲げ等による損失増という問題がない。そのため、回転角速度センサの光学系全体を小さな空間に密に収納することが可能

となる。また接続部に補強用の銅線入り熱収縮チューブを用いないため、回転角速度センサの光学系全体を小型化、軽量化することが可能となる。従って、小型、軽量回転角速度センサが実現できる。

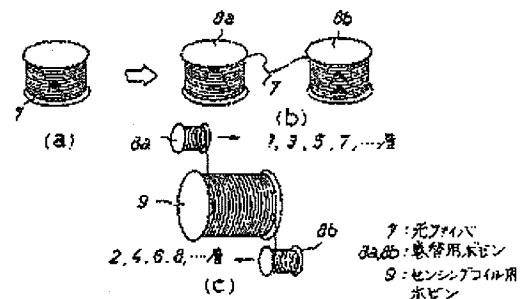
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図はセンシンググループ対称巻きの方法の一実施例を示す図、第2図はセンシンググループの評価に用いた測定系の構成図、第3図は第2図の光学系をターンテーブルに装せ0.01度/sで1時間左右に回転させた時の出力を示す図、第4図はセンシンググループに温度変化を加えた時の出力を示す図、第5図は回転角速度センサの基本構成図、第6図はセンシングコイルに温度変化が加わった時の様子を示す図、第7図は位相変調方式の回転角速度センサの光学系を示す図である。

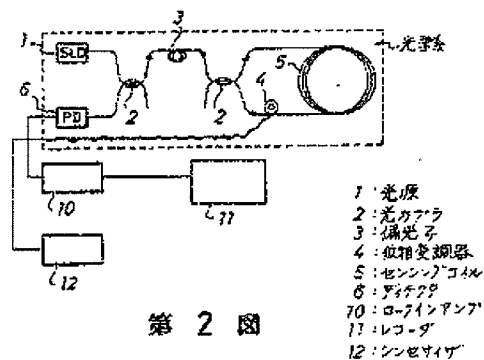
図中、1は光源、2は光カプラ、3は偏光子、4は位相変調器、5はセンシングコイル、6はディテクタ、7は製造された光ファイバ、21は光源、22は模倣補強部、23は光カプラ、

24は光ファイバ偏光子、25はセンシングコイル、26はディテクタ、27は受光器、28a、28bは巻線用ボビン、29はセンシングコイル用ボビン、30はロックインアンプ、31はレコーダ、32はシンセサイザ、33は光カプラを示す。

特許出願人 日立電線株式会社  
代理人弁理士 網谷 啓 雄

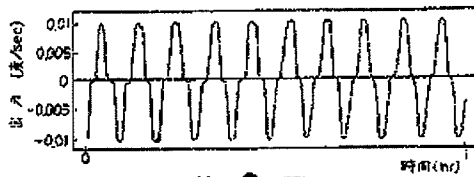


第 1 図



第 2 図

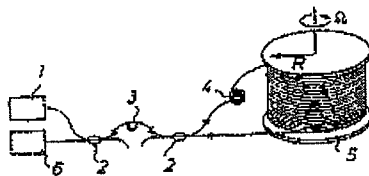
1:光源  
2:光カプラ  
3:偏光子  
4:位相変調器  
5:センシングコイル  
6:ディテクタ  
7:製造された光ファイバ  
10:ロックインアンプ  
11:レコーダ  
12:シンセサイザ



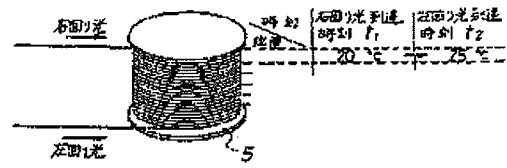
第 3 図



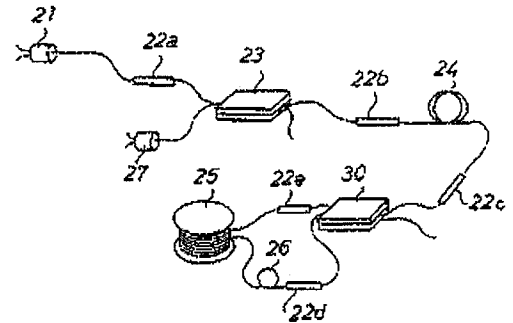
第 4 図



第 5 図



第 6 図



第 7 図

第 1 頁の続き

②発 明 者 託 摩

勇 悦

茨城県日立市日高町 5 丁目 1 番 1 号 日立電線株式会社電線研究所内